

WEST

L2: Entry 9 of 27

File: JPAB

Jan 20, 1998

PUB-NO: JP410017935A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10017935 A
TITLE: PRODUCTION OF INDUCTION HARDENED PARTS

PUBN-DATE: January 20, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HOSHINO, TOSHIYUKI	
OMORI, YASUHIRO	
AMANO, KENICHI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KAWASAKI STEEL CORP	

APPL-NO: JP08169438

APPL-DATE: June 28, 1996

INT-CL (IPC): C21 D 9/32; B21 J 5/00; B21 K 1/30; C22 C 38/00; C22 C 38/06; C22 C 38/14

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce hardened parts excellent in quality characteristics by means of induction hardening.

SOLUTION: A steel, having a composition consisting of, by mass, 0.5-0.75% C, 0.5-1.8% Si, 0.4-1.5% Mn, 0.019-0.05% Al, ≤0.010% P, ≤0.020% S, ≤0.0015% O, 0.002-0.006% N, and the balance Fe with inevitable impurities, is used. A stock of this steel, in which the number and maximum size of oxide nonmetallic inclusions in the steel are ≤2.5 pieces/m² and ≤19μm, respectively, is forged at a temp. in the range between (Ac₃ point-100) and (Ac₃ point + 200)°C at ≥70% draft, cooled at (0.005 to 10)°C/s cooling rate after forging, and subjected to induction hardening and tempering treatment.

COPYRIGHT: (C)1998, JPO

3/7/03 8:21 AM

(51)Int.Cl*	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 21 D 9/32			C 21 D 9/32	A
B 21 J 5/00			B 21 J 5/00	A
B 21 K 1/30			B 21 K 1/30	
C 22 C 38/00	3 0 1		C 22 C 38/00	3 0 1 Z
38/06			38/06	

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願平8-169438	(71)出願人	000001258 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22)出願日	平成8年(1996)6月28日	(72)発明者	星野 俊幸 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
		(72)発明者	大森 靖浩 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
		(72)発明者	天野 康一 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
		(74)代理人	弁理士 杉村 晴芳 (外4名)

(54)【発明の名称】 高周波焼入れ部品の製造方法

(57)【要約】

【課題】 高周波焼入れにより品質特性に優れる焼入れ部品を製造する。

【解決手段】 C: 0.5 ~ 0.75%、Si: 0.5 ~ 1.8 %、Mn: 0.4 ~ 1.5 %、Al: 0.019 ~ 0.05%、P: 0.010 %以下、S: 0.020 %以下、O: 0.0015%以下及びN: 0.002 ~ 0.006 %を含有し、鋼中碳化物系非金属介在物が、個数: 2.5 個/mm²以下、最大サイズ: 19μm 以下の鋼材の焼造を温度: A₁点-100 °C ~ A₁点+200 °C、加工率: 70%以上、鍛造後の冷却速度: 0.005 °C/s ~ 1.0 °C/sで冷却し、その後高周波焼入れ焼戻し処理を施す。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 C : 0.5 mass%以上、0.75 mass%以下、

Si : 0.5 mass%以上、1.8 mass%以下、

Mn : 0.4 mass%以上、1.5 mass%以下、

Al : 0.019 mass%以上、0.05 mass%以下、

P : 0.010 mass%以下、

S : 0.020 mass%以下、

O : 0.0015 mass%以下およびN : 0.002 mass%以上、0.006 mass%以下を含み、残部はFeおよび不可避的不純物の組成になり、かつ、その鋼中の酸化物系非金属介在物が、個数 : 2.5 個/mm² 以下、最大サイズ : 19 μm 以下の鋼材を、A_{cs}点-100 °C以上、A_{cs}点+200 °C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率 : 70%以上の鍛造を施したのち、0.005 °C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法。

【請求項2】 C : 0.5 mass%以上、0.75 mass%以下、

Si : 0.5 mass%以上、1.8 mass%以下、

Mn : 0.4 mass%以上、1.5 mass%以下、

Al : 0.019 mass%以上、0.05 mass%以下、

P : 0.010 mass%以下、

S : 0.020 mass%以下、

O : 0.0015 mass%以下およびN : 0.002 mass%以上、0.006 mass%以下を含み、かつ、

Ni : 0.1 mass%以上、1.0 mass%以下、

Mo : 0.05 mass%以上、0.50 mass%以下、

Ti : 0.005 mass%以上、0.05 mass%以下およびB : 0.0003 mass%以上、0.005 mass%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を含み、残部はFeおよび不可避的不純物の組成になり、かつ、その鋼中の酸化物系非金属介在物が、個数 : 2.5 個/mm² 以下、最大サイズ : 19 μm 以下の鋼材を、A_{cs}点-100 °C以上、A_{cs}点+200 °C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率 : 70%以上の鍛造を施したのち、0.005 °C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法。

【請求項3】 C : 0.5 mass%以上、0.75 mass%以下、

Si : 0.5 mass%以上、1.8 mass%以下、

Mn : 0.4 mass%以上、1.5 mass%以下、

Al : 0.019 mass%以上、0.05 mass%以下、

P : 0.010 mass%以下、

S : 0.020 mass%以下、

O : 0.0015 mass%以下およびN : 0.002 mass%以上、0.006 mass%以下を含み、かつ、

V : 0.05 mass%以上、0.5 mass%以下およびNb : 0.01 mass%以上、0.5 mass%以下のうちから選ばれる1種または2種を含み、残部はFeおよび不可避的不純物の組成になり、かつ、その鋼中の酸化物系非金属介在物が、個数 : 2.5 個/mm² 以下、最大サイズ : 19 μm 以下の鋼材を、数 : 2.5 個/mm² 以下、最大サイズ : 19 μm 以下の鋼材を、A_{cs}点-100 °C以上、A_{cs}点+200 °C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率 : 70%以上の鍛造を施したのち、0.005 °C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法。

【請求項4】 C : 0.5 mass%以上、0.75 mass%以下、

Si : 0.5 mass%以上、1.8 mass%以下、

Mn : 0.4 mass%以上、1.5 mass%以下、

Al : 0.019 mass%以上、0.05 mass%以下、

P : 0.010 mass%以下、

S : 0.020 mass%以下、

O : 0.0015 mass%以下およびN : 0.002 mass%以上、0.006 mass%以下を含み、かつ、

Ni : 0.1 mass%以上、1.0 mass%以下、

Mo : 0.05 mass%以上、0.50 mass%以下、

Ti : 0.005 mass%以上、0.05 mass%以下およびB : 0.0003 mass%以上、0.005 mass%以下のうちから選ばれる1種または2種以上と、

V : 0.05 mass%以上、0.5 mass%以下およびNb : 0.01 mass%以上、0.5 mass%以下のうちから選ばれる1種または2種とを含みし、残部はFeおよび不可避的不純物の組成になり、かつ、その鋼中の酸化物系非金属介在物が、個数 : 2.5 個/mm² 以下、最大サイズ : 19 μm 以下の鋼材を、A_{cs}点-100 °C以上、A_{cs}点+200 °C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率 : 70%以上の鍛造を施したのち、0.005 °C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法。

【請求項5】 鋼材が、鏡片より断面減少率で95%以上の圧延加工を施されたものであることを特徴とする請求項1～4に記載の高周波焼入れ部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、機械構造用鋼を用いて、高周波焼入れ、焼戻し処理により製造される機械部品、特に歯車の製造に適用して好適かつ、経済性に優れる高周波焼入れ部品の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 自動車や産業機械に用いられる歯車は、0.2%程度の炭素を含有する浸炭用合金鋼を用いて鍛造一切削一旋削一歯切りにより所定の形状に加工後、浸炭焼入れ焼戻し処理により歯車として必要な機能を付与する方法により製造されている。このような浸炭プロセスによる方法は歯車の主流の製造プロセスとなっているが、浸炭処理には800 °Cから950 °C程度の温度で数時間の処理時間を必要とするため、浸炭処理工程を組込んで

歯車製造プロセスをオンライン化することが困難で生産性の向上には限界があり、製造コストを低減させる上で大きな障害となっていた。

【0003】また、浸炭は通常ガス浸炭法によるのが一般的であるがガス浸炭時に被処理材の表面層に不可避的に表面異常層が発生し、この異常層が疲労強度及び衝撃特性を低下させるために疲労強度及び衝撃特性のより一層の向上には限界があった。さらに、浸炭焼入れ時に発生する熱処理歪みにより被処理材に変形が生じるため熱処理条件の厳密な制御が不可欠であった。上記した問題点を克服するために浸炭プロセスの採用を前提として、鋼材中のSi、Mn、Cを低減し、Mo、Ni等を添加することによりガス浸炭時に発生する表面異常層を低減し、疲労強度及び衝撃特性の改善を図った高強度浸炭用鋼が開発されるに至っているが、高価な合金成分を多量に用いるために鋼材コストの上昇を招くとともに被削性等の加工性を劣化させるため、高強度化は困難ものの製造コストの上昇を招くという問題があった。

【0004】一方、JIS規格50M435及び555C等の機械構造用合金鋼及び炭素鋼を用いて浸炭焼入れプロセスよりも生産能率が高い高周波焼入れによる歯車の製造が試みられているが、これらの鋼材本来歯車への適用を考慮して決定された成分組成でないために浸炭プロセスにより製造される歯車のように、自動車のトランミッションやデフレンジシャンなどに用いられる高強度の歯車への適用は困難であり、比較的低強度の歯車のみへの適用にとどまっていた。

【0005】これらの問題を解決するためにたとえば特開昭60-106944号公報（高強度機械構造用部品およびその製造方法）には、成分組成を規制して高周波焼入れプロセスによる歯車製造に適用する技術が提案開示されている。しかし、発明者らの検討によればこの技術では非金属介在物のサイズが大きく歯車用鋼に要求される疲労強度及び動的疲労寿命が未だ十分とは云えないという問題があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】この発明は上記したような問題を有利に解決し、従来の浸炭プロセスと比較して同等以上の品質特性を確保することができる歯車などの製造に好適な高周波焼入れ部品の製造方法を提案することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】発明者は上記目的を達成するために、歯車に要求される特性を高周波焼入れプロセスにおいて確保するため、鋼材の成分組成などについて種々実験・検討を行い、以下のような知見を得るに至った。

【0008】歯車には、歯元強度、前面強度及び衝撃特性が要求される。ここで、歯元強度は歯部が繰り返し応力を受け歯元部から疲労破壊を生じない最大の応力を意

味する。この歯元強度は回転曲げ等の疲労試験による疲労強度と良い相関があることから、回転曲げ疲労試験により鋼材の化学成分組成などを検討した。その結果、疲労強度に影響を与える基本的な因子は材料の硬さ、オーステナイト結晶粒サイズ及び非金属介在物である。材料硬さが低下すると疲労強度も低下する。この材料の硬さを浸炭焼入れ材と同等の値を高周波焼入れにより確保しようとするとC量としては約0.5%程度以上必要である。なお、材料の硬さを確保するためには焼入れ性を向上させるとの観点から合金成分の添加が有効となるが、これは歯車のサイズに応じて適正量添加すれば良い。

【0009】材料の硬さばかりでなくオーステナイト粒径を細粒化することも疲労強度の向上に有効である。これは疲労亀裂が刃口オーステナイト粒径に沿って伸展していくためこれを細粒にすることにより疲労亀裂伝播に対する抵抗が増加することのほかに、Pなどのように粒界に偏析しこれを鈍化させる成分の濃度がオーステナイト粒の細粒化により減少するからである。高周波焼入れは、急速短時間加熱であるのでオーステナイトの細粒化に対しては極めて有効であるが、オーステナイト粒の成長を抑制する析出物を形成するN、Al等の添加は、より一層の細粒化により疲労強度の向上に有効である。

【0010】ついで、疲労強度を向上させるためには、上記したような材料の硬さを確保することやオーステナイト粒を細粒化することのより非金属介在物の低減も重要なである。すなわち、材料の硬さを確保することができても酸化物系非金属介在物が存在するとこの部分から疲労破壊を生じ、疲労強度が低下するからである。特にアルミニウムのような硬質な非金属介在物は有害であり、このためには〇の低減が必須である。検討結果によれば、〇量を少なくとも0.0015%以下にすることが必要であるが、それのみでは不十分であり、従来の浸炭焼入れ材と同等以上の疲労強度を確保するためには酸化物の個数およびサイズを限定することが重要であることが明らかとなつた。

【0011】非金属介在物が存在するとこれを起点とし疲労破壊が進行することは上記したおりであるが、非金属介在物が大きいほどその介在物に発生する応力集中中の程度が弱者となり疲労初期亀裂が容易に発生する。また、初期亀裂の発生も非金属介在物が大きく応力集中中の程度が大きい程弱者であり、大きな初期亀裂がいたん発生すると疲労亀裂は迅速に伸展し疲労破壊に至る。

【0012】検討結果によれば、高周波焼入れにより従来の浸炭焼入れ材と同等以上の疲労強度を確保するためには、19μmを超えるサイズの酸化物系非金属介在物が存在させないことが重要であることが分った。さらに、非金属介在物個数の影響を検討した結果非金属介在物が19μm以下であってもその個数が2.5個/mm²を超えて存在すると従来の浸炭焼入れ材と同程度以上の疲労強度

は得られないことが判明した。これは、非金属介在物が小さい場合、その部分より発生する初期亜裂は小さいがこれが成長すると他の非金属介在物により発生した疲労亜裂と合体して大きな疲労亜裂となり、その後急速に疲労亜裂は成長し短時間で疲労破壊に至るためである。以上述べたとおり疲労強度の確保のためにはO量の限界のみでなく、酸化物系非金属介在物の個数およびサイズの制御が必須である。

【0013】さらに、酸化物系非金属介在物の量及びサイズを上記の範囲に低減する方法を検討した。この結果、鋼中のO量を15ppm以下に制限することにより、酸化物系非金属介在物の量は目標とする2.5個/mm²以下に低減できることが判明したが、サイズについてはO量の規定のみでは不十分である。そこで種々検討を重ねた結果、鋳造時の鋼片サイズにより最終鋼材に圧延する際の合計の断面減少率が非金属介在物サイズと強い相関を持ち、断面減少率が増加するにしたがって非金属介在物サイズが発生することを見いだした。これは、圧延により粗大な非金属介在物が機械的に碎かれることによるものである。そして、目標とする19μm以下のサイズとするには、O量を15ppm以下に制限した上で断面減少率として95%以上の圧下が必要なことが判明した。

【0014】つぎに、歯面部には繰り返し接触応力や摩擦によりピッキングと呼ばれる疲労損傷が生じる。これが生じると歯車は正常な機能を発揮することが困難となるのでこれらに耐え得る歯面強度が必要とされる。この歯面強度は、転動疲労試験と良い相関があり、この試験により評価することができる。ところで、歯車の歯面部には相対すべりが発生し、この摩擦により著しい温度上昇が生じる。この温度上昇により鋼材は軟化し、歯面部にピッキングが発生する。これを抑制するためには、鋼の焼もどし軟化抵抗を高めるSi、Mo、V及びNbなどの添加が有効でありこれらの添加により歯面強度を高めることができる。また、転動疲労寿命に関しては疲労強度と同様に酸化物系非金属介在物の量及びサイズが影響するが、上記したO量の制限及び鋼片サイズにより最終鋼材に圧延する際の断面減少率を制御することにより非金属介在物の量及びサイズを制御すれば、従来の浸炭鋼と同程度以上の転動疲労寿命を確保できることが判明した。

【0015】歯元に衝撃的な荷重が作用した場合、鋼材の衝撃特性が低いと歯元部より歯が折損し歯車のみならず歯車が組み込まれている機械全体の回復不能な損傷を受けるにいたる。このため衝撃特性は極めて重要な特性である。衝撃特性に影響を及ぼす因子としてはC量が最も影響が大きいが、脱炭プロセスを経て浸炭を施された部分のC濃度は約0.8%程度であるのに対し、高周波焼入れにより同様の鋼材硬さを得るために必要なC量は0.5~0.7%程度であるので衝撃特性確保の観点からは有利である。また、衝撃特性に影響を及ぼす因子はそればかりでなく、高周波焼入れ時のオーステナイト粒径及

び粒界に偏析したP等の不純物成分も影響を及ぼし、オーステナイト粒の粗粒化及びP等の不純物成分の低減が衝撃特性向上の上でも有効である。しかし、非硬化部のみを比較すると浸炭用鋼の方がC量が0.2%程度と低く、他方、高周波焼入れに適用するためには0.5~0.7%CとC量を増大するので非硬化部に関しては従来の浸炭鋼の方が有利である。

【0016】歯車全体として見た場合、これらの因子の作用で衝撃特性が決定されるので、高周波焼入れ用鋼で10は、非硬化部の衝撃特性を向上させておくことが重要である。そこで、さらに非硬化部の衝撃特性向上の方策を検討した結果、鋼材より歯車への鍛造工程における鍛造温度及びその後の冷却速度を規定することによりさらに歯車全体の衝撃特性を一層向上させることを見いだした。

【0017】一般に鋼材の衝撃特性の向上は鋼のミクロ組織を微細化することにより達成されるが、上記検討結果では鍛造温度域をA_{ci}-100°C~A_{ci}+200°Cの範囲としこの温度域での加工率を70%とし、さらにその後の冷却速度を0.005°C/s以上とすることが最も組織の微細化に有効であることが明らかとなった。

【0018】この発明は以上の知見をもとにされたものであってその要旨とするところは以下の通りである。

【0019】① C: 0.5 mass%以上、0.75 mass%以下、Si: 0.5 mass%以上、1.8 mass%以下、Mn: 0.4 mass%以上、1.5 mass%以下、Al: 0.019 mass%以上、0.05 mass%以下、P: 0.010 mass%以下、S: 0.020 mass%以下、O: 0.001 mass%以下およびN: 0.002 mass%以上、0.006 mass%以下を含有し、残部はFeおよび不可避的不純物の組成になり、かつ、その鋼中の酸化物系非金属介在物が、個数: 2.5 個/mm²以下、最大サイズ: 19μm以下の鋼材を、A_{ci}点-100°C以上、A_{ci}点+200°C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率: 70%以上の鍛造を施したのち、0.005°C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法(第1発明)。

【0020】② C: 0.5 mass%以上、0.75 mass%以下、Si: 0.5 mass%以上、1.8 mass%以下、Mn: 0.4 mass%以上、1.5 mass%以下、Al: 0.019 mass%以上、0.05 mass%以下、P: 0.010 mass%以下、S: 0.020 mass%以下、O: 0.001 mass%以下およびN: 0.002 mass%以上、0.006 mass%以下を含み、かつ、Ni: 0.1 mass%以上、1.0 mass%以下、Mo: 0.05 mass%以上、0.50 mass%以下、Ti: 0.005 mass%以上、0.05 mass%以下およびB: 0.0003 mass%以上、0.005 mass%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を含有し、残部はFeおよび不可避的不純物の組成になり、かつ、その鋼中の酸化物系非金属介在物が、個数: 2.5 個/mm²以下、最大サイズ: 19μm以下の鋼材を、A_{ci}点-100°C以上、A_{ci}点+200°C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率: 70%以上の鍛造を施したのち、0.005°C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法(第2発明)。

0 °C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率：70%以上の鍛造を施したのち、0.005 °C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法（第2発明）。

【0021】④ C : 0.5 mass%以上、0.75 mass%以下、Si : 0.5 mass%以上、1.8 mass%以下、Mn : 0.4 mass%以上、1.5 mass%以下、Al : 0.019 mass%以上、0.05 mass%以下、P : 0.010 mass%以下、S : 0.020 mass%以下、O : 0.0015 mass%以下およびN : 0.002 mass%以上、0.006 mass%以下を含み、かつ、V : 0.05 mass%以上、0.5 mass%以下およびNb : 0.01 mass%以上、0.5 mass%以下のうちから選ばれる1種または2種を含有し、残部はFeおよび不可避免の不純物の組成になり、かつ、その鋼中の酸化物系非金属介在物が、個数：2.5個/mm²以下、最大サイズ：19μm以下の鋼材を、A_{cc}点-100 °C以上、A_{cc}点+200 °C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率：70%以上の鍛造を施したのち、0.005 °C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法（第3発明）。

【0022】⑤ C : 0.5 mass%以上、0.75 mass%以下、Si : 0.5 mass%以上、1.8 mass%以下、Mn : 0.4 mass%以上、1.5 mass%以下、Al : 0.019 mass%以上、0.05 mass%以下、P : 0.010 mass%以下、S : 0.020 mass%以下、O : 0.0015 mass%以下およびNb : 0.002 mass%以上、0.006 mass%以下を含み、かつ、Ni : 0.1 mass%以上、1.0 mass%以下、Mo : 0.05 mass%以上、0.50 mass%以下、Ti : 0.005 mass%以上、0.05 mass%以下およびB : 0.0005 mass%以上、0.005 mass%以下のうちから選ばれる1種または2種以上とV : 0.05 mass%以上、0.5 mass%以下およびNb : 0.01 mass%以上、0.5 mass%以下のうちから選ばれる1種または2種を含有し、残部はFeおよび不可避免の不純物の組成になり、かつ、その鋼中の酸化物系非金属介在物が、個数：2.5個/mm²以下、最大サイズ：19μm以下の鋼材を、A_{cc}点-100 °C以上、A_{cc}点+200 °C以下の温度域に加熱し、その温度域にて加工率：70%以上の鍛造を施したのち、0.005 °C/s以上、10°C/s以下の冷却速度範囲で冷却し、その後、高周波焼入れ焼き戻し処理を施すことを特徴とする高周波焼入れ部品の製造方法（第4発明）。

【0023】⑥ 鋼材が、銑片より断面減少率で95%以上の圧延加工を施されたものであることを特徴とする第1～4発明に記載の高周波焼入れ部品の製造方法（第5発明）。

【0024】

【発明の実施の形態】この発明を実施するにあたっての限定理由について以下に述べる。まず、成分組成の限定理由について記す。

C : 0.5～0.75 mass%

Cは、高周波焼入れにより従来の漫炭鋼と同程度の表面硬さを得るために必須の成分であり、少なくとも0.5 mass%以上含有させることが必要である。しかし、0.75 mass%を超えて含有させると歯車に必要とされる衝撃特性及び被削性が劣化する。したがって、その含有量は0.5 mass%以上、0.75 mass%以下とする。

【0025】Si : 0.5～1.8 mass%

Siは、焼もどし軟化抵抗を向上させる成分であり歯面強度を向上させるが、従来の漫炭プロセスによる歯車と同程度の表面強度を確保するためには少なくとも0.5 mass%以上含有させることが必要であるが1.8 mass%を超えて含有させるとフェライトの固溶硬化により硬さが上昇し被削性の低下を招く。したがって、その含有量は0.5 mass%以上、1.8 mass%以下とするが、より好ましい範囲は0.5～1.0 mass%である。

【0026】Mn : 0.4～1.5 mass%

Mnは、焼入れ性を向上させ、高周波焼入れ時の硬化深さを確保する上で必須の成分であり積極的に添加するが、含有量が0.4 mass%未満ではその効果に乏しく、1.5%を超えると高周波焼入れ後の残留オーステナイトを増加させることによりかえって表面硬度を低下させ疲労強度及び転動疲労寿命を低下させる。したがって、その含有量は0.4 mass%以上、1.5 mass%以下とするが、より好ましい範囲は0.7～1.3 mass%である。

【0027】Al : 0.019～0.050 mass%

Alは、脱酸に有効な成分であり低酸素化のために有用であるとともに、Nと結合してAlNを形成しこれが高周波加熱時のオーステナイト粒の成長を抑制することにより衝撃特性及び歯元強度を向上させるので積極的に添加するが、含有量が0.019 mass%未満ではその効果に乏しく、0.05 mass%を超えて添加してもその効果が飽和する。したがって、その含有量は0.019 mass%以上、0.05 mass%以下とする。

【0028】P : 0.01 mass%以下

Pは、オーステナイトの粒界に偏析し、粒界強度を低下させることにより歯元強度を低下させるばかりでなく、同時に衝撃特性を劣化させるのでできるだけ少なくすることが望ましく、その含有量は0.01 mass%まで許容される。

【0029】S : 0.020 mass%以下

Sは、MnSを形成し、これが疲労破壊の起点となることにより疲労強度を低下させるが、他方でMnSは被削性を向上させる成分でもあるので0.020 mass%まで含有させることができる。

【0030】O : 0.0015 mass%以下

Oは、少ない方が好ましく、非金属介在物の量およびサイズを目標値以下に制御するためにはアルミニウム等の酸化物系非金属介在物を形成するOを低減する必要があるが、このためその含有量は0.0015 mass%以下とする。

【0031】N : 0.002～0.006 mass%

Niは、Alと結合しAlNを形成する。これが高周波加熱時のオーステナイト粒の成長を抑制することにより衝撃特性及び疲労強度を向上させることで積極的に添加するが、含有量が0.002 mass%未満ではその効果が小さく、0.006 mass%を超えると熱間変形能を低下させることにより連続鍛造時に錫片の表面欠陥を増加させる。したがって、その含有量は0.002 mass%以上、0.006 mass%以下とする。

【0032】上記の成分組成の他にこの発明においては、疲労強度、歯面強度及び衝撃特性を向上させる同効成分としてNi、Mo、TiおよびBを単独又は複合して含有させることができる。これらの作用は以下の通りである。

【0033】Ni: 0.1 ~ 1.0 mass%

Niは、焼入れ性を向上させ疲労強度、歯面強度の向上に有効であるのみでなく衝撃特性を改善する成分であるので、焼入れ性を調整する場合は特に衝撃特性の改善が必要とされる場合に用いてよい。含有量が0.1 mass%未満ではその効果が十分でなく、一方、Niは極めて高価な成分であるので1.0 mass%を超えると鋼材のコストが上昇し、この発明の目的に反する。したがって、その含有量は0.1 mass%以上、1.0 mass%以下がよく、より好ましい範囲は、0.6 ~ 0.9 mass%である。

【0034】Mo: 0.05 ~ 0.50 mass%

Moは、焼入れ性向上や諸特性の向上に有用な成分であり、焼入れ性を調整するために用いることのほか、バーライトの組織形態に著しい影響を及ぼし、セメントタイトが分離されたバーライトを形成し、この結果、被削性を著しく向上させる。また、焼もどし軟化抵抗を向上させるので歯面強度も向上させることができ、さらに、粒界に偏析するP等の不純物成分を低減させることにより疲労強度、歯面強度及び衝撃特性を向上させる作用がある。このようにこの発明においては好適な成分であるので積極的に添加することが好ましいが、含有量が0.05 mass%未満ではその効果に乏しく、0.50 mass%を超えると高周波焼入れのような急速短時間の加熱ではオーステナイト中の溶解が困難な炭化物を形成する。したがって、その含有量は0.05 mass%以上、0.50 mass%以下がよいが、より好ましくは0.10 ~ 0.30 mass%の範囲である。

【0035】Ti: 0.005 ~ 0.05 mass%

Tiは、Nと極めて結合しやすい成分であり、高周波加熱時のオーステナイト粒を細粒化する作用のあるTiNを形成するので、Tiの単独添加のみでも疲労強度、歯面強度及び衝撃特性を向上させる効果を有する。一方、TiはB以上にNと結合しやすいため、Bとの複合添加の場合にはBとNとの結合を抑制し、Bの焼入れ性を確保する（Bの焼入れ性はBが単独で鋼中に存在する場合に顕著）という効果もある。これらの効果を発現させるためには、含有量が0.005 mass%未満では十分でなく、0.05 mass%を超えるとTiNが過剰に析出し、これが疲労破壊

の起点となって、疲労強度、歯面強度を低下させる。したがって、その含有量は0.005 mass%以上、0.05 mass%以下がよいが、より好ましくは0.01 ~ 0.025 mass%の範囲である。

【0036】B: 0.0003 ~ 0.005 mass%

Bは、微量の添加で焼入れ性を向上させる成分であるので、その他の合金成分を低減させることができる。また、Bは粒界に優先的に偏析し、粒界に偏析するPの濃度を低減するために疲労強度、歯面強度及び衝撃特性を著しく向上させる。これらの効果を発現させるためには0.0003 mass%以上含有させることができが、0.005 mass%を超えて含有させてもその効果は飽和する。したがって、その含有量は0.0003 mass%以上、0.005 mass%以下がよいが、より好ましい範囲は0.0010 ~ 0.0030 mass%である。

【0037】さらにこの発明においては、析出強化作用を有するVおよびNbを単独又は複合して添加することができる。これらの作用は以下の通りである。高周波焼入れプロセスを経る場合には、被処理材の中心部の硬さを確保するために前熱処理として焼入れ焼もどし処理を施すのが一般的である。しかし、この熱処理はコストを増大させためなるべくこれを省略することが望ましい。この前処理としての焼入れ焼もどしを省略するためには高周波焼入れ前の素材硬さを上昇させておくことが重要であるが、そのためには析出強化作用を有するV、Nbの添加が効果的である。

【0038】V: 0.05 ~ 0.5 mass%

Vは、析出強化作用が極めて強く、鋼材の焼もどし軟化抵抗を向上させる成分であるので歯面強度の向上に極めて有効である。また、高周波焼入れ前の前熱処理としての焼入れ焼もどし処理を省略する必要のある場合に添加することも有効である。0.05 mass%未満の含有量ではその効果が小さくまた0.5 mass%を超えて含有させてもその効果が飽和する。したがって、その含有量は0.05 mass%以上、0.5 mass%以下がよい。

【0039】Nb: 0.01 ~ 0.5 mass%

Nbは、Vと同様に、析出強化作用が極めて強く、鋼材の焼もどし軟化抵抗を向上させる成分であるので歯面強度の向上に極めて有効である。また、高周波焼入れ前の前熱処理としての焼入れ焼もどし処理を省略する必要のある場合に添加することも有効である。0.01 mass%未満の含有量ではその効果が小さくまた0.5 mass%を超えて含有させてもその効果が飽和する。したがって、その含有量は0.01 mass%以上、0.5 mass%以下がよい。

【0040】ついで、この発明においては疲労強度の確保のために酸化物系非金属介在物の量およびサイズについてそれぞれ2.5 個/mm²以下および1μm 以下に規定する。前記したように、酸化物系非金属介在物の個数を2.5 個/mm²以下とするのはこれを超える酸化物が存在するとそれぞの非金属介在物より発生した疲労亀裂が

11

合体し急速に疲労亀裂が進展し疲労破壊にいたり、この結果目標とする疲労強度を確保することが困難となるためである。また、サイズを19 μ m以下と規定するのはこれを超える非金属介在物が存在するとこの非金属介在物より発生する初期亀裂が容易かつ大きくなり、この結果急速に疲労亀裂が進展して早期に疲労破壊が生じるためである。

【0041】また、鍛片から鋼材への圧延にあたり断面減少率を95%以上とするのは酸化物系非金属介在物のサイズを目標とする19 μ m以下とするためであり、これ未満の断面減少率では目標とするサイズ以下にすることができない場合が生じるからである。

【0042】つぎに、熱間鍛造条件の限界について説明する。鍛造温度として $A_{\text{C}1}-100\text{ }^{\circ}\text{C} \sim A_{\text{C}1}+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ の範囲に限定するのは、 $A_{\text{C}1}-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 未満の温度では、変形抵抗が高く、鍛造が困難になるからであり、 $A_{\text{C}1}+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ を超える温度では、初期のオーステナイト粒径が大きくなり、また加工後のオーステナイト粒の再結晶及び粒成長が極めて急速に生じこのオーステナイトより変

12

化した組織が十分に微細化しないためである。

【0043】また、加工率を70%以上とするのはこれに満たない加工率ではオーステナイトの微細化が不十分でありこれより変態した鋼のミクロ組織は十分に微細化しないためである。さらに、冷却速度を0.005 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上、10 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下と規定するのは、0.005 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ を下回る冷却速度では変態組織が粗大化し十分な微細化効果が得られなくなるためであり、10 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ を上回る冷却速度ではマルテンサイト組織の生成により被削性が顕著に低下する恐れがあるためである。なお、より好ましい冷却速度範囲は0.05 $^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$ である。

【0044】

【実施例】転炉-連続鍛造プロセスにより、表1に示すこの発明の適合鋼、比較鋼及び従来鋼の合計23種類の成分組成になる鍛片（断面サイズ200×225 mm）を鍛造した。

【0045】

【表1】

順 位	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V	Nb	Al	Ti	B	N	O	成 分 調 查 (mass%)		備 考
															1	2	
1	0.58	1.69	1.04	0.009	0.017	—	—	—	—	0.047	—	—	—	0.0058	0.0014	溶合部	
2	0.58	1.04	0.68	0.010	0.012	—	—	—	—	0.040	—	—	—	0.0040	0.0011	—	
3	0.56	0.79	0.65	0.007	0.018	—	—	—	—	0.035	—	—	—	0.0055	0.0012	—	
4	0.74	0.54	0.14	0.008	0.019	—	—	—	—	0.032	—	—	—	0.0078	0.0007	—	
5	0.58	0.58	0.57	0.005	0.013	—	0.42	—	—	0.010	—	—	—	0.0051	0.0008	—	
6	0.57	0.51	0.55	0.004	0.017	—	0.22	—	—	0.022	—	—	—	0.0062	0.0011	—	
7	0.58	0.56	0.60	0.008	0.011	—	0.25	—	—	0.038	—	—	—	0.0021	0.0041	0.0014	
8	0.61	0.55	1.01	0.008	0.016	—	0.23	—	—	0.026	0.0058	—	—	0.0045	0.0013	—	
9	0.55	0.79	1.41	0.005	0.012	—	—	—	—	0.045	0.020	—	—	0.0042	0.0010	—	
10	0.50	0.58	0.59	0.007	0.014	0.60	0.12	—	—	0.023	—	—	—	0.0064	0.0006	—	
11	0.56	0.60	1.13	0.008	0.014	—	0.31	—	—	0.044	—	—	—	0.0062	0.0008	—	
12	0.61	0.59	1.08	0.007	0.015	—	0.19	0.18	0.05	0.040	0.008	0.0035	0.0015	0.0015	0.0015	—	
13	0.68	0.64	0.68	0.008	0.012	—	—	—	—	0.031	—	—	—	0.0048	0.0010	比較鋼	
14	0.42	—	0.70	0.055	0.010	0.013	—	—	—	0.035	—	—	—	0.0051	0.0011	—	
15	0.71	0.26	0.72	0.006	0.018	—	—	—	—	0.038	—	—	—	0.0062	0.0014	—	
16	0.53	0.62	1.12	0.007	0.017	—	—	—	—	0.040	—	—	—	0.0054	0.0013	—	
17	0.55	0.60	0.57	0.020	0.015	—	—	—	—	0.025	—	—	—	0.0051	0.0009	—	
18	0.57	0.56	0.58	0.006	0.028	0.78	0.25	—	—	0.045	—	—	—	0.0057	0.0009	—	
19	0.55	0.54	0.68	0.008	0.019	—	0.15	—	—	0.048	—	—	—	0.0050	0.0014	—	
20	0.54	0.53	0.69	0.010	0.007	—	0.35	—	—	0.044	0.0055	0.010	0.0053	0.0010	—	—	
21	0.62	0.84	0.68	0.007	0.012	—	—	—	—	0.026	0.018	—	—	0.0048	0.0017	—	
22	0.60	0.24	0.87	0.011	0.014	—	—	—	—	0.027	—	—	—	0.0118	0.0011	溶合部	
23	0.62	0.61	0.44	0.006	0.018	—	0.47	—	—	0.022	—	—	—	0.0128	0.0010	(C: 1.1%)	

*印はこの実験の調査範囲を示す。①はSur2相当部、②はSur2を含む各部を示す。比較鋼はSur2相当部、鋼No.22と鋼No.23を含む各部を示す。

注: ①

②

【0046】その後、各鋼片をブレークダウン工程を経て150 mm角のビレットに圧延したのち、サイズを変えて(断面減少率を変える)棒鋼に圧延した。つぎに、これらの各棒鋼からそれぞれ採取した鋼材を、条件を変えて鍛造したのち、前熱処理として850°C×30分間加熱し、焼入れ後550°Cの温度での焼戻し処理を施した。なお、鋼No.11, 12については、一部かような前熱処理を省略した。

【0047】つづいて、各供試材から回転曲げ疲労試験片及び転動疲労試験片を作製し、適合鋼および比較鋼(鋼No. 1~21)を用いたものについては、15 kHzの高周波焼入れ試験機により表面焼入れを行ったのち、180°C×2時間の焼戻しを施した。なお、衝撃試験片について50 3600rpmの回転数で行った。

*では、上記と同様の高周波焼入れ及び焼戻しを施したのち、その鋼材表面近傍より2mm×10Rノッチの衝撃試験片を採取した。

【0048】また、従来鋼(鋼No. 22, 23)については、上記高周波焼入れ及び焼戻しにかえて、930°C×4時間(炭素ボテンシャル0.88)の浸炭焼入れ処理を施したのち、180°C×2時間の焼き戻しを施した。

【0049】かくして得られた各試験片を用い、それぞれ、回転曲げ疲労試験、転動疲労試験及び衝撃試験を行った。

【0050】ここで、各試験要領は以下の通りである。
疲労試験: 小野式回転曲げ疲労試験機を用い常温で

・ 転動疲労試験：25mmの試験片に130mmのローラーを押し付けることにより、367MPaの接触応力を与え、表面にピッチングが生じるまでの応力繰り返し数で寿命を評価した。

・ 衝撃試験：シャルビー衝撃試験機を用いて20°Cの温度

*度条件で行った。

【0051】これらの圧延及び鋳造条件ならびに試験結果をそれぞれ表2～5に示す。

【0052】

【表2】

試料 No.	鋼 No.	圧延		鋳造条件		Ae 温度 (°C)	成形条件			機械的特性			備 考
		温度 (°C)	速度 (mm/s)	温度 (°C)	速度 (mm/s)		荷重 (J/cm ²)	速度 (mm/s)	荷重 (MPa)	繰り返し応力寿命 (cycles×10 ³)			
1	1	99.0	2.2	7	849	950	75	0.02	23.1	933	3.16	適合例	
2	2	99.0	2.1	9	809	740	83	0.03	28.4	940	2.84	適合例	
3	3	99.0	2.2	6	783	870	85	0.03	27.2	975	3.22	適合例	
4	4	99.0	0.9	10	759	953	78	0.008	25.8	991	3.45	適合例	
5	5	98.4	1.1	15	814	840	75	0.02	34.1	1016	4.91	適合例	
6	6	98.4	1.4	13	805	910	85	0.008	34.5	1010	4.89	適合例	
7	7	98.4	1.8	9	796	820	78	0.01	36.5	1026	4.80	適合例	
8	8	98.4	1.8	14	790	980	79	0.008	35.6	1024	4.84	適合例	
9	9	97.2	1.0	17	791	840	85	0.07	31.2	987	2.74	適合例	
10	10	97.2	1.2	16	782	800	87	0.008	52.8	1021	4.78	適合例	
11	11	97.2	0.7	19	821	880	88	0.07	23.6	973	4.82	適合例	
12	12	97.2	2.3	14	805	950	90	0.06	31.0	1059	5.01	適合例	
11'	11	97.2	0.7	19	821	920	90	0.07	25.9	963	4.83	適合例	
12'	12	97.2	2.3	14	805	950	90	0.07	27.8	1000	5.00	適合例	

【0053】

※※【表3】

試料 No.	鋼 No.	圧延		鋳造条件		Ae 温度 (°C)	成形条件			機械的特性			備 考
		温度 (°C)	速度 (mm/s)	温度 (°C)	速度 (mm/s)		荷重 (J/cm ²)	速度 (mm/s)	荷重 (MPa)	繰り返し応力寿命 (cycles×10 ³)			
13	1	99.0	2.2	7	849	11250	76	0.01	19.4	933	3.16	比較例	
14	2	99.0	2.1	9	809	1140	73	0.005	18.9	940	2.84	比較例	
15	3	99.0	2.2	6	783	1200	72	0.008	18.1	975	3.22	比較例	
16	4	99.0	0.9	10	759	880	76	0.004	17.2	991	3.45	比較例	
17	5	98.4	1.1	15	814	850	85	0.001	22.7	1016	4.91	比較例	
18	6	98.4	1.4	13	805	11250	74	0.07	23.0	1010	4.89	比較例	
19	7	98.4	1.8	9	796	870	86	0.002	24.3	1026	4.80	比較例	
20	8	98.4	1.8	14	790	11150	74	0.007	23.5	1024	4.84	比較例	
21	9	97.2	1.0	17	791	860	86	0.002	20.8	987	2.74	比較例	
22	10	97.2	1.2	16	782	920	75	0.003	35.2	1021	4.78	比較例	
23	11	97.2	0.7	19	821	1070	87	0.007	19.7	973	4.82	比較例	
24	12	97.2	2.3	14	805	710	75	0.004	20.4	1069	5.01	比較例	

注：*印はこの発明の範囲を除外するもの。

【0054】

★ ★ 【表4】

試料 No.	鋼 No.	圧延		鍛造		A _{CS} 温度 (℃)	鍛 造 条 件			機 械 的 特 性			備 考
		幅厚 (mm)	偏厚 (mm ²)	幅厚 (mm)	偏厚 (mm ²)		温度 (℃)	加熱 (℃/s)	加熱 (℃)	熱強度 (J/cm ²)	熱強 (MPa)	転換疲労寿命 (cycles/10 ³ 回)	
25 1	*94.1	1.5	*21	849	*1120	75	0.02	19.3	841	2.21			比較例
26 2	*94.1	1.5	*22	809	*1250	68	0.03	18.9	846	1.98			比較例
27 3	*94.1	1.3	*23	783	*1000	85	0.03	18.2	875	2.26			比較例
28 4	*94.1	0.5	*25	759	*1060	78	0.008	17.4	892	2.40			比較例
29 5	*94.1	0.8	*37	814	*1070	75	0.02	22.7	919	3.41			比較例
30 6	*94.1	1.0	*30	805	*1100	85	0.008	22.8	908	2.70			比較例
31 7	*94.1	0.7	*30	706	*1110	78	0.01	24.3	811	3.22			比較例
32 8	*94.1	1.1	*38	790	*1120	79	0.006	23.4	841	3.07			比較例
33 9	*94.1	0.6	*33	791	*1059	85	0.07	20.7	912	3.34			比較例
34 10	*94.1	1.0	*35	782	*1065	87	0.008	25.1	869	1.86			比較例
35 11	*94.1	0.5	*38	815	*1054	88	0.07	19.5	778	2.99			比較例
36 12	*94.1	1.6	*34	805	*1057	78	0.008	20.5	868	3.16			比較例

注: *印はこの発明の限定範囲を外れるもの。

【0055】

* * 【表5】

試料 No.	鋼 No.	圧延		鍛造		A _{CS} 温度 (℃)	鍛 造 条 件			機 械 的 特 性			備 考
		幅厚 (mm)	偏厚 (mm ²)	幅厚 (mm)	偏厚 (mm ²)		温度 (℃)	加熱 (℃/s)	加熱 (℃)	熱強度 (J/cm ²)	熱強 (MPa)	転換疲労寿命 (cycles/10 ³ 回)	
37 13	99.0	1.8	10	750	1032	75	0.02	10.1	886	3.48			比較例
38 14	99.0	2.0	12	827	1100	85	0.008	26.2	905	0.04			比較例
39 15	99.0	2.2	19	755	1020	78	0.01	17.8	920	0.62			比較例
40 16	99.0	1.9	15	782	1030	79	0.006	19.7	825	1.53			比較例
41 17	99.0	1.3	9	805	1150	85	0.07	12.5	802	3.01			比較例
42 18	99.0	1.4	11	758	1120	87	0.008	35.5	867	2.94			比較例
43 19	99.0	2.4	18	807	1170	87	0.008	13.8	846	3.03			比較例
44 20	99.0	2.0	11	814	1180	88	0.07	18.3	823	1.46			比較例
45 21	99.0	3.0	19	795	1190	78	0.008	17.5	794	0.80			比較例
46 22	98.4	1.8	15	850	1150	75	0.02	15.2	745	1.05			従来例
47 23	98.4	1.4	14	867	1200	85	0.008	23.1	894	1.87			従来例

注: *印はこの発明の限定範囲を外れるもの。

【0056】ここで、表2はこの発明の適合鋼を用いたこの発明に適合する条件で圧延および鍛造を行った適合例、表3は適合鋼を用い、この発明の限定期間を外れる鍛造条件で行った比較例、表4は適合鋼を用い、この発明の限定期間を外れる圧延条件で圧延したため酸化物系非金属介在物サイズもこの発明の限定期間から外れ、さらに鍛造温度もこの発明の限定期間から外れて行った比較例、表5は成分組成がこの発明から外れた比較鋼および従来鋼を用いた比較例および従来例、それまとめたものである。

*【0057】これらの中から明らかのように、表2の試料No. 1～12および11'～12'の適合例は表5の試料No. 46及び47の従来例（混炭焼入れ材）に比し、搭載量、疲労強度及び転換疲労寿命が格段に優れる値を示している。

【0058】また、適合例と同様の鋼を用い、この発明の限定期間を外れる条件で鍛造した表3の試料No. 13～24の比較例は、鍛造温度が高いあるいは鍛造後の冷却速度が遅いことなどから、組織の微細化が十分でなく、このため適合例に比し衝撃値が劣っている。しかし、従来

例とくらべると、疲労強度、転動疲労寿命は当然のこと優れているが、衝撃値とても同等以上の値を示している。

【0059】さらに、適合例と同様の鋼を用い、圧延断面減少率、酸化物系非金属介在物の最大サイズ、鍛造温度がこの発明の限定範囲を外れる表4の試料No. 25~36の比較例は、組織の微細化が十分でなく、かつ、介在物の最大サイズも大きいことから、衝撃値、疲労強度及び転動疲労寿命ともに適合例に比し劣っている。

【0060】一方、鋼の成分組成がこの発明の限定範囲を外れる表5の試料No. 37~45の比較例は、たとえば、C量の多い試料No. 37では衝撃値が、C量の少ない試料No. 38では疲労強度及び転動疲労寿命が、Si量の少ない試料No. 39やO量の多い試料No. 45では転動疲労寿命が

それぞれ劣っているなど、これらの比較例は、衝撃値、疲労強度、転動疲労寿命のいずれかあるいは総合的に適合例に比し劣っている。

【0061】以上より、この発明の適合例は、歯車に要求される衝撃、疲労及び転動疲労特性に極めて優れていることが分る。

【0062】

【発明の効果】この発明は、鋼の成分組成及び酸化物系非金属介在物の数およびサイズを限定し、さらに鍛造条件を規定して高周波焼入れ部品を製造するものであり、この発明によれば、歯車などの製造プロセスにおける従来の浸炭焼入れに替えて高周波焼入れの採用を可能にし、製造コストの低減がはかれるとともに、品質特性の格段に優れる部品を得ることができる。

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

C 22 C 38/14

識別記号 庁内整理番号

F I

C 22 C 38/14

技術表示箇所